

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 199 22 925 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 01 T 13/20

②1 Aktenzeichen: 199 22 925.2
②2 Anmeldetag: 19. 5. 99
④3 Offenlegungstag: 25. 11. 99

DE 199 22 925 A 1

③0 Unionspriorität:

P 10-138846 20. 05. 98 JP
P 11-9665 18. 01. 99 JP

⑦1 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑦4 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

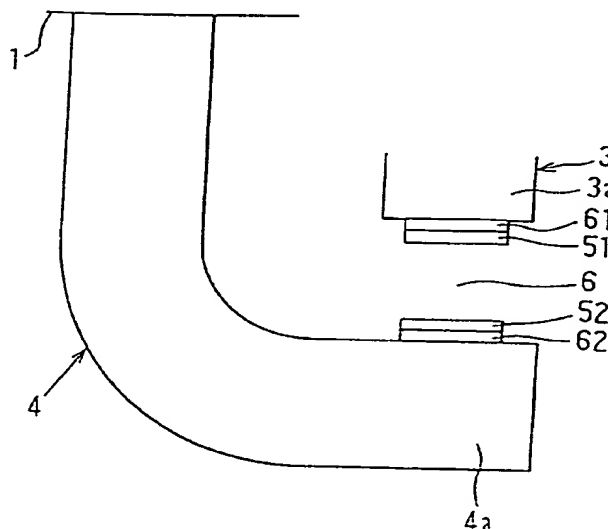
⑦2 Erfinder:

Kanao, Keiji, Kariya, Aichi, JP; Hori, Tsunenobu,
Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Zündkerze für einen Verbrennungsmotor und Verfahren zu ihrer Herstellung

⑤7 Bei einer Zündkerze sind auf jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitten (3a, 4a) der Mittel- und der Masselektrode (3, 4), die aus einer Legierung auf Ni-Basis hergestellt sind, durch Widerstandsschweißen mittels einer Spannungsabbauschicht (61, 62) ein Plättchen (51, 52) oder eine Vielzahl von Plättchen (53, 54) aus einer Ir-Legierung verschweißt. Bei einer Temperatur von 900°C ist der Wert des Elastizitätsmoduls der Spannungsabbauschicht kleiner als der der Ir-Legierung und der der Legierung auf Ni-Basis und liegt außerdem der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten der Spannungsabbauschicht zwischen dem der Ir-Legierung und dem der Legierung auf Ni-Basis. Der Verbindungsübergang des Plättchens und der Spannungsabbauschicht ist als eine gekrümmte Oberfläche geformt.



DE 199 22 925 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Zündkerze für einen Verbrennungsmotor, die mit einem auf einer Mittel- oder einer Masseelektrode verschweißten Edelmetallplättchen versehen ist, und insbesondere auf eine Verbesserung der Bindungsstärke des aus einer Iridium-(Ir-)Legierung hergestellten Plättchens.

Eine Zündkerze weist im allgemeinen eine Mittelelektrode bzw. einen Zündstift auf, der durch einen Isolator hindurchgehend in ein Gehäuse eingepaßt ist, und eine einstückig mit dem Gehäuse ausgebildete Masseelektrode. Der an dem Ende des Isolators herausstehende Abschnitt der Mittelelektrode ist der Masseelektrode zugewandt, so daß eine Funkenstrecke ausgebildet ist, innerhalb der ein Zündfunke entladen wird. Um die Lebensdauer und das Leistungsvermögen der Zündkerze zu verbessern, ist auf der Mittel- und/oder der Masseelektrode ein Edelmetallplättchen verschweißt, um einen Zündfunkenentladungspunkt für die Funkenstrecke zu bilden.

Als Material für das Edelmetallplättchen ist herkömmlicherweise eine Platin-(Pt-)Legierung weit verbreitet. Allerdings weist die Pt-Legierung den Nachteil auf, daß ihre Abbrandbeständigkeit als nicht ausreichend angesehen wird, um in Zukunft die steigenden Anforderungen durch den Fahrzeugmotor zu erfüllen. Daher wurde in letzter Zeit die Verwendung einer Iridium-(Ir-)Legierung untersucht, die einen höheren Schmelzpunkt als die Pt-Legierung aufweist, wobei eine Iridium-Rhodium-(Ir-Rh-)Legierung und dergleichen vorgeschlagen wurde, wie in der JP-A-09-007733 gezeigt ist.

Das Material der Mittel- und/oder der Masseelektrode, auf der das Plättchen verschweißt ist, ist üblicherweise eine Legierung auf Nickel-(Ni-)Basis. Die Differenz zwischen dem linearen Ausdehnungskoeffizienten der Ni-Legierung und dem der Ir-Legierung ist größer als die Differenz zwischen dem der Ni-Legierung und dem der Pt-Legierung (wie beispielsweise einer 90Pt-10Ir-Legierung, einer 80Pt-20Ir-Legierung und dergleichen). Falls das aus der Ir-Legierung hergestellte Plättchen bei einer Zündkerze zum Einsatz kommt, die in einer Hochtemperaturverbrennungskammer zu verwenden ist, wird daher aufgrund der vorstehend erwähnten großen Differenz des linearen Ausdehnungskoeffizienten an dem Übergang des Plättchens und der Elektrode gemäß der Temperaturänderung leicht eine hohe thermische Spannung erzeugt.

Wenn das aus der Ir-Legierung hergestellte Plättchen direkt auf der Elektrode verschweißt wird, ist, um während des Betriebseinsatzes eine mögliche Ablösung des Plättchens und der Elektrode einzuschränken, ein Laserstrahlschweißen vorzuziehen, da das Plättchen und die Elektrode dabei aufgrund der hohen Energiedichte ausreichend aufgeschmolzen werden können. Da die Ausrüstungskosten und die Herstellungskosten beim Laserstrahlschweißen jedoch verhältnismäßig hoch sind, kann in Hinblick auf günstige Herstellungskosten elektrisches Widerstandsschweißen gewünscht sein, obwohl die Schweißenergie verglichen mit dem Laserstrahlschweißen geringer ist.

Aus der JP-A-01-319284 ist bekannt, zwischen das Plättchen und die Elektrode beim Verschweißen des Plättchens und der Elektrode durch Widerstandsschweißen eine Spannungsabbauschicht zu setzen, deren Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem des Plättchens und dem der Elektrode liegt, um die auf das Plättchen wirkende thermische Spannung zu vermindern. Bei der herkömmlichen Zündkerze wird zu diesem Zweck für das Plättchen eine Ir-Ni-Legierung und für die Spannungsabbauschicht eine Pt-Ni-Legierung eingesetzt.

Aus den Untersuchungen der Erfinder ging hervor, daß es effektiv ist, die Pt-Legierung auf herkömmliche Weise auf der aus der Legierung auf Ni-Basis hergestellten Elektrode zu verschweißen, es jedoch nicht immer effektiv ist, die Ir-Legierung auf herkömmliche Weise auf der Elektrode zu verschweißen. Der Einsatz einer bestimmten Materialkombination des aus der Ir-Legierung bestehenden Plättchens und/oder der Spannungsabbauschicht ergab bei einem Langzeitversuch, daß an dem Übergang der Ir-Legierung und der Spannungsabbauschicht ein Riß oder eine Ablösung auftrat und sich das Plättchen schlimmstenfalls sogar ganz von der Spannungsabbauschicht löste. Je mehr der in der Ir-Legierung enthaltene Gewichtsanteil an Ir erhöht wurde, um die Abbrandbeständigkeit des Plättchens zu verbessern, umso deutlicher trat dieses Problem auf. In dem Fall, daß der Durchmesser der Ir-Legierung (mit beispielsweise mehr als 1,5 mm) verhältnismäßig groß war, konnte dieses Problem des weiteren selbst dann, wenn aufgrund der größeren thermischen Spannung einfach eine Vielzahl von Spannungsabbauschichten eingesetzt wurde, nicht vollständig gelöst werden.

Die Erfindung erfolgte in Hinblick auf das obengenannte Problem, wobei der Erfindung die Aufgabe zugrundeliegt, eine Zündkerze für Verbrennungsmotoren bereit zustellen, die eine besonders geeignete Spannungsabbauschicht aufweist. Insbesondere wenn das aus der Ir-Legierung bestehende Plättchen mittels der Spannungsabbauschicht auf der aus der Legierung auf Ni-Basis bestehenden Mittel- und/oder Masseelektrode durch Widerstandsschweißen verschweißt wird, ist es vorzuziehen, daß der Wert des Elastizitätsmoduls der Spannungsabbauschicht geringer als der des aus der Ir-Legierung bestehenden Plättchens und der der aus der Legierung auf Ni-Basis bestehenden Elektrode ist und außerdem der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten der Spannungsabbauschicht zwischen dem des aus der Ir-Legierung bestehenden Plättchens und dem der aus der Legierung auf Ni-Basis bestehenden Elektrode liegt. Eine Spannungsabbauschicht, die den vorstehend genannten Wert des Elastizitätsmoduls aufweist, kann die thermische Spannung an dem Übergang des Plättchens und der Spannungsabbauschicht effektiv absorbieren oder vermindern, wodurch die Bindungsstärke des durch die Widerstandsschweißen verschweißten Plättchens verbessert wird.

Selbst wenn die Ir-Legierung oder die zumindest einen Stoff wie etwa Rhodium (Rh), Platin (Pt), Ruthenium (Ru), Palladium (Pd) und Wolfram (W) aufweisende Ir-Legierung mehr als 50 Gewichtsprozent (Gew.-%) Ir enthält, dient die vorstehend genannte Spannungsabbauschicht dazu, die Ablösung oder den Riß an dem Übergang zu verhindern.

Genauer gesagt ist es vorzuziehen, eine Spannungsabbauschicht zu verwenden, deren Elastizitätsmodul bei einer Temperatur von 900°C, der die Zündkerze im allgemeinen bei Vollastbetrieb des Motors (bei beispielsweise einer Motorumdrehungszahl von 6000 U/min) in der Motorverbrennungskammer ausgesetzt ist, zwischen 5×10^4 MPa und 15×10^4 MPa liegt. Die Untergrenze des Elastizitätsmoduls von 5×10^4 MPa wurde angesichts dessen festgelegt, daß im Fall einer Spannungsabbauschicht, deren Elastizitätsmodul kleiner als die genannte Untergrenze ist, die Gefahr einer Rißentstehung nicht an dem Übergangsabschnitt, sondern bei der Spannungsabbauschicht selbst besteht, da das Material von sich aus zu weich ist. Des weiteren ist es vorzuziehen, daß der lineare Ausdehnungskoeffizient der Spannungsabbauschicht zwischen $10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ und $11 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ liegt.

Zur Lösung der obengenannten Aufgabe kann als Material der Spannungsabbauschicht eine Pt enthaltende Legierung oder eine Pt-Ir-Ni-Legierung und insbesondere eine 65 bis 89 Gew.-% Pt, 10 bis 30 Gew.-% Ir und 1 bis 5 Gew.-%

Ni enthaltende Legierung verwendet werden.

Bezüglich der Dicke der Spannungsabbauschicht ergab sich aus den Versuchsergebnissen der Erfinder, daß mehr als 0,2 mm vorzuziehen sind, um eine verlässliche Bindungsstärke zu erhalten. Falls die Dicke der Spannungsabbauschicht weniger als 0,2 mm beträgt, wird leicht bei der Spannungsabbauschicht selbst ein Riß erzeugt. Falls die Dicke der Spannungsabbauschicht dagegen 0,6 mm überschreitet, ist eine maximale Bindungsstärke erreicht. In Hinblick auf eine Senkung der Materialkosten ist daher bezüglich der Dicke der Spannungsabbauschicht eine Obergrenze von 0,6 mm vorzuziehen.

Darüber hinaus ist es insbesondere für den Fall eines verhältnismäßig großen Durchmessers des Plättchens effektiv, zur schrittweisen Verringerung der thermischen Spannung zwei Spannungsabbauschichten einzusetzen. Zusätzlich zu einer wie vorstehend angegebenen ersten Spannungsabbauschicht ist zwischen der ersten Spannungsabbauschicht und der Elektrode eine zweite Spannungsabbauschicht mit einem Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten bereitgestellt, der zwischen dem der ersten Spannungsabbauschicht und dem der Elektrode liegt. Zu diesem Zweck kann als die erste Spannungsabbauschicht eine Pt-Ir-Legierung und als die zweite Spannungsabbauschicht eine Pt-Ni-Legierung verwendet werden.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, eine Zündkerze für einen Verbrennungsmotor bereitzustellen, die ein aus einer Ir-Legierung bestehendes Plättchen aufweist, das auf einer aus einer Legierung auf Ni-Basis bestehenden Elektrode mittels einer Spannungsabbauschicht zu verschweißen ist, bei der der Übergang des Plättchens und der Spannungsabbauschicht durch eine gekrümmte Oberfläche gebildet wird. Wie in Fig. 13 gezeigt ist, weist ein herkömmlicher Übergang einen ebenen Oberflächenabschnitt J3 und einen durch einen Teil des scheiben- oder säulenförmigen Plättchens J1 ausgebildeten Kantenabschnitt J4 auf, die in die Spannungsabbauschicht J2 versenkt werden, wenn das Plättchen J1 durch das Widerstandsschweißen auf der Spannungsabbauschicht J4 verschweißt wird, deren Durchmesser größer als der des Plättchens J1 ist. Die Bindungsstärke des Kantenabschnitts J4 ist schon allein durch das Widerstandsschweißen an sich gering, wobei sich an dem Kantenabschnitt J4 zudem die thermische Spannung konzentriert, da sie in Richtung der in Fig. 13 gezeigten Pfeile einwirkt. Es ist daher anzunehmen, daß die Ablösung des Plättchens J1 von der Spannungsabbauschicht J2 tendenziell von dem Kantenabschnitt J4 ausgehend auftritt.

Für den Fall der gekrümmten Übergangsoberfläche ohne den Kantenabschnitt wird dagegen die thermische Spannung gleichmäßig auf die gesamte Übergangsfläche verteilt. Die Versuchsergebnisse der Erfinder bewiesen eindeutig, daß bezüglich des Ablösungsprozentsatzes des Plättchens und der Spannungsabbauschicht zwischen der ebenen Oberfläche mit dem Kantenabschnitt und der gleichmäßig gekrümmten Oberfläche ein großer Unterschied besteht.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, eine Zündkerze bereitzustellen, die eine Vielzahl auf einer einzigen Spannungsabbauschicht zu verschweißender Plättchen aufweist. Mit zunehmender Größe eines Plättchens wirkt die thermische Spannung nämlich stärker auf das Plättchen ein. Falls es möglich ist, das Plättchen aus einer Vielzahl kleiner Plättchen zusammenzusetzen und die jeweiligen kleineren Plättchen auf einer einzigen Spannungsabbauschicht zu verschweißen, kann daher die Wirkung der thermischen Spannung auf jedes Plättchen vermindert und die Bindungsstärke des Plättchens als Ganzes verbessert werden.

Des weiteren ist gewünscht, daß der Durchmesser jedes scheibenförmigen Plättchens vor dem Verschweißen auf der

Spannungsabbauschicht weniger als 1,5 mm beträgt. Zur Verbesserung der Bindungsstärke ist es darüber hinaus wirksamer, eine Kombination zu verwenden, bei der das Plättchen aus einer Vielzahl kleiner Plättchen besteht und der Übergang jedes Plättchens und der Spannungsabbauschicht als eine gekrümmte Oberfläche geformt ist. In diesem Fall beträgt der bevorzugte Bereich für den Durchmesser des Plättchens zwischen 2,0 mm und 0,1 mm.

Schließlich ist es in Hinblick auf ein Verfahren zur Ausbildung des gekrümmten Oberflächenübergangs des Plättchens und der Spannungsabbauschicht vorzuziehen, daß mittels der Spannungsabbauschicht durch Widerstandsschweißen auf der Elektrode ein kugelförmiges Plättchen verschweißt wird, das aus einer mehr als 50 Gew.-% Ir enthaltenden Ir-Legierung hergestellt ist.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sowie Wirkungsweisen und Funktionen der zugehörigen Teile gehen aus der nachstehenden Beschreibung hervor, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben sind. Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise ausgebrochene Ansicht einer Zündkerze;

Fig. 2 eine teilweise vergrößerte Ansicht von Fig. 1, mit einem Abschnitt gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, an dem eine Mittel- und eine Masseelektrode einander zugewandt sind;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht des Übergangsabschnitts eines Plättchens und einer Spannungsabbauschicht;

Fig. 4 eine erläuternde Darstellung zu einem Ablösungsprozentsatz;

Fig. 5A eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem linearen Ausdehnungskoeffizienten und dem Ablösungsprozentsatz bezüglich des Übergangs der Elektrode und der Spannungsabbauschicht;

Fig. 5B eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem linearen Ausdehnungskoeffizienten und dem Ablösungsprozentsatz bezüglich des Übergangs des Plättchens und der Spannungsabbauschicht;

Fig. 6 eine Darstellung des auf einer FEM-Analyse beruhenden Zusammenhangs zwischen dem Elastizitätsmodul und der thermischen Spannung;

Fig. 7 eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Dicke des Plättchens und dem Ablösungsprozentsatz bezüglich des Übergangs der Elektrode und der Spannungsabbauschicht;

Fig. 8 eine Darstellung des auf einer FEM-Analyse beruhenden Zusammenhangs zwischen dem Plättchendurchmesser und dem Verhältnis der thermischen Spannung;

Fig. 9 eine Querschnittsansicht des Übergangs des Plättchens und der Spannungsabbauschicht gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel;

Fig. 10 eine Querschnittsansicht eines Abschnitts gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, an dem die Mittel- und die Masseelektrode der Zündkerze einander zugewandt sind;

Fig. 11 eine Querschnittsansicht des Übergangsabschnitts eines Plättchens und einer Spannungsabbauschicht;

Fig. 12 eine erläuternde Darstellung eines Verfahrens zur Herstellung der Zündkerze gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel;

Fig. 13 eine vergrößerte Querschnittsansicht des Plättchenverbindungsabschnitts einer herkömmlichen Zündkerze;

Fig. 14A eine Darstellung zur Definition des Ablösungsprozentsatzes bezüglich des gekrümmten Übergangs des Plättchens und der Spannungsabbauschicht;

Fig. 14B eine Darstellung zur Definition des Ablösungsprozentsatzes bezüglich des ebenen Übergangs des Plätt-

chens und der Spannungsabbauschicht;

Fig. 15 eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Plättchendurchmesser vor dem Schweißen und dem Ablösungsprozentsatz;

Fig. 16 eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Plättchendurchmesser vor dem Schweißen und der Entladungspunktfläche;

Fig. 17A eine Ansicht der Masseelektrode gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel, auf der mittels einer Spannungsabbauschicht mehrere Plättchen verschweißt sind;

Fig. 17B eine Ansicht der Masseelektrode gemäß einem abgewandelten dritten Ausführungsbeispiel, auf der mittels einer Spannungsabbauschicht mehrere Plättchen verschweißt sind;

Fig. 18A eine Querschnittsansicht entlang einer Linie XVIII A-XVIII A in Fig. 17A; und

Fig. 18B eine Abwandlung von Fig. 18A.

Fig. 1 zeigt eine Halbquerschnittsansicht einer erfindungsgemäßen Zündkerze für einen Verbrennungsmotor. Die Zündkerze weist ein rohrförmiges Gehäuse 1 mit einem Gewinde 1a zur Befestigung an einem (nicht gezeigten) Motorzylinderblock auf. Ein aus Aluminiumoxidkeramik (Al_2O_3) hergestellter Isolator 2 ist in das Gehäuse 1 eingefügt, wobei ein Endabschnitt 2a des Isolators 2 aus dem Ende des Gehäuses 1 herausragt. An einem Durchgangsloch 2b des Isolators 2 ist eine Mittelelektrode eingefügt und angebracht, um so mittels des Isolators 2 an dem Gehäuse 1 gehalten zu werden und von diesem isoliert zu sein. Ein vorderer Endabschnitt 3a der Mittelelektrode 3 ragt aus dem Endabschnitt 2a des Isolators 2 hervor. Die Mittelelektrode 3 ist eine Säule, deren Innenbauteil aus einem Metallmaterial mit guter Wärmeleitfähigkeit wie etwa Kupfer besteht und deren Außenbauteil aus einem Metallmaterial mit guter Wärmebeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit wie etwa einer Legierung auf Ni-Basis besteht.

An dem Ende des Gehäuses 1 ist durch Schweißen eine Masseelektrode 4 angebracht und erstreckt sich ungefähr in Form eines L. Ein zu dem Schweißabschnitt der Masseelektrode 4 entgegengesetzter vorderer Endabschnitt 4a ist dem vorderen Endabschnitt 3a der Mittelelektrode 3 unter Ausbildung einer Strecke 6 zur Zündfunkenentladung zugewandt. Ähnlich wie bei der Mittelelektrode 3 setzt sich das Innenbauteil der Masseelektrode 4 aus einem Metallmaterial mit guter Wärmeleitfähigkeit wie etwa Kupfer und ihr Außenbauteil aus einem Metallmaterial mit guter Wärmebeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit wie etwa einer Legierung auf Ni-Basis zusammen.

Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Teilansicht von Fig. 1 mit einem Abschnitt gemäß einem ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel, an dem die Mittel- und die Masseelektrode einander zugewandt sind. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist ein aus einer Ir-Legierung (90 Gew.-% Ir - 10 Gew.-% Rh bei diesem Ausführungsbeispiel) hergestelltes Plättchen 51 (Entladungspunkt) mittels einer Spannungsabbauschicht 61 durch Widerstandsschweißen auf dem vorderen Endabschnitt 3a der Mittelelektrode 3 verschweißt. Des weiteren ist ein aus einer Ir-Legierung (90 Gew.-% Ir - 10 Gew.-% Rh bei diesem Ausführungsbeispiel) hergestelltes Plättchen 52 (Entladungspunkt) mittels einer Spannungsabbauschicht 62 durch Widerstandsschweißen auf dem vorderen Endabschnitt 4a der Masseelektrode 4 verschweißt. Die Querschnittsansicht des Übergangsabschnitts des Plättchens 51 oder 52 ist in Fig. 3 dargestellt. Die Ansicht des Übergangsabschnitts des Plättchens 51 und die des Plättchens 52 sind weitgehend dieselben.

Jedes der Plättchen 51 und 52 ist wie eine Scheibe geformt, deren Durchmesser 1,0 mm und deren Dicke 0,3 mm beträgt. Ein (beispielsweise 1 mm großer) Zwischenraum

zwischen den Plättchen 51 und 52 bildet die obengenannte Funkenentladungsstrecke 6. Jede der Spannungsabbauschichten 61 und 62 ist eine scheibenförmige Schicht, deren Durchmesser der gleiche wie der der jeweiligen Plättchen 51 und 52 ist und deren Dicke 0,2 bis 0,6 mm beträgt. Das Material des vorderen Endabschnitts (Plättchenbefestigungsabschnitt) 3a der Mittelelektrode 3 und das des vorderen Endabschnitts (Plättchenbefestigungsabschnitt) 4a der Masseelektrode 4 ist eine Legierung auf Ni-Basis, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel Inconel (Markenname) verwendet wird.

Erfindungsgemäß liegt der Wert α des linearen Ausdehnungskoeffizienten jeder der Spannungsabbauschichten 61 und 62 zwischen denen der jeweiligen aus der Ir-Legierung bestehenden Plättchen 51 und 52 und der jeweiligen aus der Ni-Legierung bestehenden vorderen Endabschnitte 3a und 4a, wobei der Wert E des Elastizitätsmoduls jeder der Spannungsabbauschichten 61 und 62 außerdem kleiner als der der genannten Ir-Legierung und der der genannten Ni-Legierung ist. Die vorstehenden Angaben sind das Ergebnis von umfangreichen Untersuchungen und experimentellen Versuchen hinsichtlich verschiedener Materialien für die Spannungsabbauschicht 61 oder 62. Einige Beispiele dieser Untersuchungen sind nachstehend beschrieben. Die Art und Weise, wie das Plättchen 51 oder 52, die Spannungsabbauschicht 61 oder 62 und der vordere Endabschnitt 3a oder 4a aufgebaut und geschweißt sind, ist auf beiden Seiten der Mittelelektrode 3 und der Masseelektrode 4 gleich. Daher geht die nachstehende Erörterung nur auf die Seite der Masseelektrode 4 ein.

Gemäß dem im folgenden beschriebenen Versuch stellt das Plättchen 52 eine aus einer Ir-10Rh-Legierung (die 90 Gew.-% Ir und 10 Gew.-% Rh enthält) hergestellte Scheibe dar, deren Durchmesser 1,0 mm und deren Dicke 0,3 mm beträgt. Das Material der Masseelektrode 4 ist Inconel (Markenname), das wie vorstehend erwähnt auf einer Legierung auf Ni-Basis beruht. Als Material der Spannungsabbauschicht 62 wurden eine Pt-20Ir-Legierung (was bedeutet, daß 80 Gew.-% Pt und 20 Gew.-% Ir enthalten sind, wobei bezüglich der nachstehenden Legierungen ein entsprechender Ausdruck verwendet wird), eine Pt-20Ir-2Ni-Legierung, eine Pt-10Ni-Legierung und eine Ir-50Ni-Legierung angefertigt. Der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten jeder dieser Legierungen liegt zwischen dem der Ir-10Rh-Legierung, dem Material des Plättchens 52, und dem von Inconel.

Jede der genannten Legierungen war eine Scheibe, deren Durchmesser 1,0 mm und deren Dicke 0,2 mm betrug. Bezüglich des Werts α ($\times 10^{-6}/^{\circ}C$) des linearen Ausdehnungskoeffizienten jeder Legierung gilt im Fall des Plättchens 52 α (Ir-10Rh-Legierung) = 7,8, im Fall der Spannungsabbauschicht 62 α (Pt-20Ir-Legierung) = 9,5, α (Pt-20Ir-2Ni-Legierung) = 10,5, α (Pt-10Ni-Legierung) = 11,6 und α (Ir-50Ni-Legierung) = 11,3 und im Fall der Elektrode 4 α (Legierung auf Ni-Basis) = 14,8. Es wurde eine Widerstandsschweißung durchgeführt, wobei zunächst die Spannungsabbauschicht 62 auf dem vorderen Endabschnitt 4a der Masseelektrode 4 verschweißt und darauf dann das Plättchen 52 verschweißt wurde. Als Schweißbedingungen wurden eine Preßkraft von 30 kg, ein Strom von 1200 A und eine Zyklenzahl von 10 verwendet.

Unter Verwendung der Zündkerzenprobekörper mit dem Plättchen 52, das auf dem vorderen Endabschnitt 4a der Masseelektrode 4 durch Widerstandsschweißen mittels der jeweils verschiedenen Spannungsabbauschichten 62 verschweißt war, wurde in Hinblick auf die Bindungsstärke jeder der genannten Spannungsabbauschichten 62 ein Langzeitversuch durchgeführt. Der Versuch erfolgte in einem 6-

Zylindermotor mit 2000 cm³ Huhraum, der 100 Stunden lang unter Wiederholung eines Zyklus laufen gelassen wurde, bei dem der Motor für eine Minute (bei etwa 300°C) im Leerlauf und für eine Minute (bei etwa 900°C) mit 6000 U/min unter Vollgas gehalten wurde. Die Bindungsstärke wurde, wie in Fig. 4 dargestellt ist, anhand des Ablösungsprozentsatzes (%), d. h. des mit 100 multiplizierten Verhältnisses $(A+B)/c$ der Ablösungslänge $(A+B)$ zum Durchmesser des Plättchens oder der Spannungsabbauschicht (C), beurteilt. Die Ergebnisse des vorstehend angegebenen Langzeitversuchs sind in Fig. 5A und Fig. 5B dargestellt, in denen der Zusammenhang zwischen dem Wert α des linearen Ausdehnungskoeffizienten und dem Ablösungsprozentsatz (%) gezeigt ist.

Fig. 5A betrifft den Übergang 70 des vorderen Endabschnitts 4a der Elektrode und der Spannungsabbauschicht 62 und Fig. 5B den Übergang 71 des Plättchens 52 und der Spannungsabbauschicht 62. Es ist notwendig, daß beide Übergänge 70 und 71, die durch ein Verschweißen des Plättchens 52 auf der Spannungsabbauschicht 62 gebildet werden, der Bedingung einer ausreichenden Bindungsstärke genügen. Falls der Ablösungsprozentsatz nach dem Langzeitversuch weniger als 50% beträgt, wird die Bindungsstärke als zufriedenstellend erachtet. Im Fall der aus einer Pt-Legierung (Pt-20Ir, Pt-20Ir-2Ni und Pt-10Ni) bestehenden Spannungsabbauschicht beträgt der Ablösungsprozentsatz jedes der Übergänge 70 und 71, wie in Fig. 5A und 5B gezeigt ist, weniger als 50%, weshalb ihre Bindungsstärke der Bedingung genügt. Im Fall der Ir-Legierung (Ir-50Ni) beträgt jedoch der Ablösungsprozentsatz des Übergangs der Spannungsabbauschicht und des vorderen Endabschnitts mehr als 50% und kann die Bindungsstärke der Bedingung nicht genügen. Daher ist die Ir-Legierung nicht als erfindungsgemäße Spannungsabbauschicht geeignet.

Bezüglich des Werts E ($\times 10^4$ MPa) des Elastizitätsmoduls jeder Legierung gilt im Fall des Plättchens 52 $E(\text{Ir-10Rh-Legierung}) = 38,0$, im Fall der Spannungsabbauschicht 62 $E(\text{Pt-20Ir-Legierung}) = 10,6$, $E(\text{Pt-20Ir-2Ni-Legierung}) = 10,8$, $E(\text{Pt-10Ni-Legierung}) = 11,0$ und $E(\text{Ir-50Ni-Legierung}) = 25,0$ und im Fall der Elektrode 4 $E(\text{Legierung auf Ni-Basis}) = 15,6$. Die jeweiligen Werte E der Pt-Legierungen sind beinahe konstant und sind kleiner als die der Ir-10Rh-Legierung für das Plättchen 52 und der Legierung auf Ni-Basis für den vorderen Endabschnitt 4a. Der Wert $E(\text{Ir-50Ni})$ liegt jedoch zwischen dem der Ir-10Rh-Legierung und dem der Legierung auf Ni-Basis.

Fig. 6 stellt den auf einer von den Erfindern durchgeführten FEM-Analyse beruhenden Zusammenhang zwischen dem obengenannten Elastizitätsmodul und der thermischen Spannung dar, woraus hervorgeht, daß die thermische Spannung mit zunehmendem Wert E des Elastizitätsmoduls der Spannungsabbauschicht größer wird. Der Wert α des linearen Ausdehnungskoeffizienten der Spannungsabbauschicht beträgt $11,0$ ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$), was etwa in der Mitte zwischen dem Wert der Ir-10Rh-Legierung und dem von Inconel liegt. Als Wert der thermischen Spannung, wird der Maximalwert der an jedem Kantenabschnitt 70a und 71a der Übergänge 70 und 71 erzeugten Spannung verwendet, wobei unter der Voraussetzung, daß der Wert der thermischen Spannung an dem Übergang 70 der aus der Pt-Legierung bestehenden Spannungsabbauschicht und der aus der Legierung auf Ni-Basis bestehenden Elektrode einen Bezugswert 1 darstellt, in Fig. 6 das Verhältnis jedes Werts der thermischen Spannung zu dem Bezugswert gezeigt ist.

Gemäß den in Fig. 5A, Fig. 5B und Fig. 6 dargestellten Ergebnissen ließ sich darauf schließen, daß es vorzuziehen ist, wenn der Wert E des Elastizitätsmoduls der Spannungsabbauschicht bei einer Temperatur von 900°C kleiner als der

von Inconel ist, d. h. sowohl kleiner als der des Plättchens als auch kleiner als der der Elektrode ist, da der Wert E des Elastizitätsmoduls des aus der Ir-Legierung bestehenden Plättchens größer als der der aus der Legierung auf Ni-Basis bestehenden Elektrode ist. Darüber hinaus ist ein Riß in der Spannungsabbauschicht selbst zu befürchten, falls der Wert E des Elastizitätsmoduls aufgrund eines zu weichen Materials zu gering ist. Daher wurde darauf geschlossen, daß der Wert E des Elastizitätsmoduls ($\times 10^4$ MPa) bei einer Temperatur von 900°C zwischen 5 und 15 betragen sollte.

Für den Fall, daß das Material der Elektrode eine Legierung auf Ni-Basis und das Material des Plättchens eine Ir-Legierung ist, wurde festgestellt, daß der Wert α des linearen Ausdehnungskoeffizienten der Spannungsabbauschicht zwischen dem der Ir-Legierung und dem der Legierung auf Ni-Basis liegen und der Wert E ihres Elastizitätsmoduls kleiner als der der Ir-Legierung und der der Legierung auf Ni-Basis sein muß, damit die Spannungsabbauschicht die Bedingung für die Bindungsstärke erfüllt.

In Hinblick auf die aus der Pt-20Ir-2Ni-Legierung hergestellte Spannungsabbauschicht 62 betragen, wie in Fig. 5 gezeigt ist, die Ablösungsprozentsätze an den Übergängen 70 und 71 weniger als 25% und war die Bindungsstärke die höchste unter den vorstehend geprüften Legierungen. Als Ergebnis der von den Erfindern durchgeführten Untersuchungen stellte sich heraus, daß eine Pt-Ir-Ni-Legierung mit 65 bis 85 Gew.-% Pt, 10 bis 30 Gew.-% Ir und 1 bis 5 Gew.-% Ni in bezug auf die Bindungsstärke die gleiche Wirkung wie die Pt-20Ir-2Ni-Legierung zeigt und der Wert α ihres linearen Ausdehnungskoeffizienten bei der Temperatur von 900°C vorzugsweise 10 bis 11 ($\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$) beträgt.

Gemäß den obengenannten Versuchen wurde die Dicke t (siehe Fig. 3) der Spannungsabbauschicht 62 mit 0,2 bis 0,6 mm festgelegt. Diese Werte beruhen auf dem Ergebnis der Untersuchungen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen dem Durchmesser der Spannungsabbauschicht oder des Plättchens und der Bindungsstärke an dem Übergang 70 oder 71. Fig. 7 zeigt die Langzeitversuchsergebnisse für den Ablösungsprozentsatz an dem Übergang 70 der jeweiligen aus einer Pt-20Ir-2Ni-Legierung hergestellten Spannungsabbauschichten, deren Dicke t jeweils unterschiedlich war und zwischen 0,1 und 1,0 mm geändert wurde. Wie aus Fig. 7 klar hervorgeht, ist der Ablösungsprozentsatz umso geringer, je größer die Dicke der Spannungsabbauschicht ist, wobei der Ablösungsprozentsatz beim Überschreiten von 0,6 mm beinahe konstant ist. Bezüglich der Dicke $t = 0,1$ und der Dicke $t = 0,15$ (in Fig. 7 mit x markiert) wurde, obwohl der Ablösungsprozentsatz an dem Übergang 70 tolerierbar war, in der Spannungsabbauschicht 62 selbst ein lateraler Riß beobachtet. Darüber hinaus zeigten die Versuchsergebnisse für die anderen Materialien der Spannungsabbauschicht 62 die gleich Tendenz wie die Pt-20Ir-2Ni-Legierung. Es wurde daher darauf geschlossen, daß die Dicke der Spannungsabbauschicht für den praktischen Gebrauch innerhalb des Bereichs von 0,2 bis 0,6 mm liegt.

Obwohl sich die vorstehende Erläuterung auf die Spannungsabbauschicht 62 auf der Seite der Masselektrode 4 bezieht, können auf ähnliche Weise wie bei der Spannungsabbauschicht 62 auf der Seite der Masselektrode 4 auch der Wert α des linearen Ausdehnungskoeffizienten, der Wert E des Elastizitätsmoduls und die Dicke t der Spannungsabbauschicht 61 auf der Seite der Mittelelektrode 3 festgelegt werden.

Die Zündkerze gemäß dem vorstehenden Ausführungsbeispiel zeigt ein Verhalten, bei dem nicht nur die thermische Spannung um zumindest das gleiche Ausmaß wie bei einer herkömmlichen Zündkerze vermindert wird, da der Wert α des linearen Ausdehnungskoeffizienten jeder der

Spannungsabbauschichten 61 und 62 zwischen dem der Ir-Legierung und dem der Legierung auf Ni-Basis liegt, sondern die thermische Spannung aufgrund des Einsatzes des weichen Materials für die Spannungsabbauschichten 61 und 62 weiter vermindert wird, deren jeweilige Werte E des Elastizitätsmoduls kleiner als die der Ir-Legierung und der Legierung auf Ni-Basis sind. Daher kann die Bindungsstärke der Plättchen 51 und 52 erhöht werden.

Gemäß dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird das Widerstandsschweißen insgesamt zweimal auf derartige Weise durchgeführt, daß durch das Widerstandsschweißen zunächst die Spannungsabbauschicht 61 oder 62 auf dem vorderen Endabschnitt 3a oder 4a verschweißt wird und darauf dann das Plättchen 51 oder 52 verschweißt wird. Jedoch ermöglicht ein Plattierungsmaterial, das hergestellt wird, indem das Plättchen 51 oder 52 und die Spannungsabbauschicht 61 oder 62 vorbereitend verbunden werden, diese durch eine insgesamt einmal erfolgende Widerstandsschweißung zu verschweißen.

Des weiteren sind die einwirkenden thermischen Spannungen umso stärker, je größer die jeweiligen Übergangsflächen des Plättchens, der Spannungsabbauschicht und des vorderen Endabschnitts der Elektroden sind. Fig. 8 zeigt den auf einer FEM-Analyse beruhenden Zusammenhang zwischen dem Plättchendurchmesser und dem Verhältnis der thermischen Spannung. In Fig. 8 sind für einen Durchmesser des Plättchens 52 (der Spannungsabbauschicht 62) von 1,0 mm oder 2,0 mm und für eine Gesamtdicke der jeweiligen Dicke des Plättchens (0,3 mm) und der jeweiligen Dicke der Spannungsabbauschicht (0,2 mm) von 0,5 mm die jeweiligen Werte der thermischen Spannung an den Übergängen 70 und 71 als ein Verhältnis angegeben, wie es im Zusammenhang mit Fig. 6 entsprechend erläutert wurde. Wie aus Fig. 8 hervorgeht, ist das Verhältnis der thermischen Spannung umso größer, d. h. neigt der Übergang umso leichter dazu abgelöst zu werden, je größer der Durchmesser des Plättchens ist.

Um dem Problem eines größeren Durchmessers des Plättchens zu begegnen, ist es vorzuziehen, wie in Fig. 9 dargestellt zwei Spannungsabbauschichten zu verwenden. Zusätzlich zu einer ersten Spannungsabbauschicht 62a, die auf der Seite des Plättchens 52 bereitgestellt ist, ist zwischen der ersten Spannungsabbauschicht 62a und dem vorderen Endabschnitt 4a der Elektrode 4 eine zweite Spannungsabbauschicht 62b bereitgestellt, deren Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem der ersten Spannungsabbauschicht 62a und dem der Legierung auf Ni-Basis liegt. Die Mittelelektrode 3 kann ebenfalls mit zwei Schichten, d. h. der ersten und zweiten Spannungsabbauschicht versehen sein. Da die jeweiligen Werte des linearen Ausdehnungskoeffizienten der ersten und zweiten Spannungsabbauschicht 62a und 62b in diesem Fall schrittweise zwischen denen der Plättchen 51 und 52 und der Legierung auf Ni-Basis geändert werden können, läßt sich die thermische Spannung schrittweise vermindern. Der Aufbau gemäß Fig. 9 ist dann effektiv, wenn der Durchmesser des Plättchens oder der Spannungsabbauschicht (mit beispielsweise mehr als 1,5 mm) verhältnismäßig groß ist. Zu diesem Zweck kann als erste Spannungsabbauschicht eine Pt-Ir-Legierung und als zweite Spannungsabbauschicht eine Pt-Ni-Legierung verwendet werden.

Bei dem vorstehenden Ausführungsbeispiel können die Plättchen 51 und 52 und die Spannungsabbauschichten 61 und 62 über die vorstehend erwähnte Scheibe hinaus als eine Säule oder ein viereckiger Pfeiler geformt sein. Darüber hinaus kann die Erfindung ungeachtet dessen Anwendung finden, ob der Durchmesser des Plättchens 51 oder 52 größer oder kleiner als der der Spannungsabbauschicht 61 oder 62

ist.

Nachstehend ist ein zweites Ausführungsbeispiel der Zündkerze beschrieben, wobei dieses insbesondere bei Verbrennungsmotoren Anwendung finden kann, die bei Kombinationen (Anlagen zur gleichzeitigen Erzeugung zweier nutzbarer Energiearten), Gasdruckübertragungspumpen, Fahrzeugen usw. verwendet werden. Fig. 10 zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts, an dem die Mittelelektrode und die Masseelektrode der Zündkerze einander zugewandt sind. Wie in Fig. 10 gezeigt ist, ist mittels einer Spannungsabbauschicht 61 auf dem vorderen Endabschnitt 3a der Mittelelektrode 3 durch Widerstandsschweißen ein aus einer Ir-Legierung (die bei diesem Ausführungsbeispiel mehr als 50 Gew.-% Ir enthält) hergestelltes Plättchen 51 (Entladungspunkt) verschweißt.

Des weiteren ist mittels einer Spannungsabbauschicht 62 auf dem vorderen Endabschnitt 4a der Masseelektrode 4 durch Widerstandsschweißen ein aus einer Ir-Legierung (die bei diesem Ausführungsbeispiel mehr als 50 Gew.-% Ir enthält) hergestelltes Plättchen 52 (Entladungspunkt) verschweißt. Ein (beispielsweise 1 mm großer) Zwischenraum zwischen den Plättchen 51 und 52 bildet die Funkenentladungsstrecke 6. Die Querschnittsansicht des Übergangsabschnitts des jeweiligen Plättchens 51 und 52 ist in Fig. 11 dargestellt. Die Ansichten des Übergangsabschnitts des Plättchens 51 und des Plättchens 52 sind im wesentlichen gleich.

Das Material des vorderen Abschnitts 3a der Mittelelektrode 3 und das des vorderen Abschnitts 4a der Masseelektrode 4 ist eine Legierung auf Ni-Basis, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel Inconel (Markenname) verwendet wird. Der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten jeder der Spannungsabbauschichten 61 und 62 liegt zwischen denen der jeweiligen aus der Ir-Legierung bestehenden Plättchen 51 und 52 und der jeweiligen aus der Ni-Legierung bestehenden vorderen Endabschnitte 3a und 4a, wobei der Wert E des Elastizitätsmoduls jeder Spannungsabbauschicht 61 und 62 außerdem kleiner als der der genannten Ir-Legierung der der genannten Ni-Legierung ist.

Jede Spannungsabbauschicht 61 und 62 ist eine scheibenförmige Schicht, deren Dicke 0,2 bis 0,6 mm beträgt. Jedes der Plättchen 51 und 52 ist vor dem Widerstandsschweißen als Kugel 70 geformt, deren Durchmesser 0,1 bis 2,0 mm beträgt. Die jeweiligen Plättchen 51 und 52 sind in die Spannungsabbauschichten 61 und 62 zum Teil versenkt, wobei jeder der Übergänge der Plättchen 51 und 52 und der Spannungsabbauschicht 61 und 62 durch eine gekrümmte Oberfläche gebildet ist.

Als Material der Plättchen 51 und 52 kann eine Ir-Legierung eingesetzt werden, die 50 Gew.-% Ir und zumindest einen der Stoffe wie etwa Rhodium (Rh), Platin (Pt), Ruthenium (Ru), Palladium (Pd) und Wolfram (W) enthält, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel eine Ir-10Rh-Legierung verwendet wird. Als Material der Spannungsabbauschichten 61 und 62 werden eine Pt-20Ir-Legierung (was bedeutet, daß 80 Gew.-% Pt und 20 Gew.-% Ir enthalten sind, wobei bezüglich der nachstehenden Legierungen ein entsprechender Ausdruck verwendet wird), eine Pt-20Ir-2Ni-Legierung, eine Pt-10Ni-Legierung und dergleichen eingesetzt.

Die jeweiligen Verbindungsübergänge der vorderen Endabschnitte 3a und 3b, der Plättchen 51 und 52 und der Spannungsabbauschichten 61 und 62 können sich derart zusammensetzen, daß jeweils, wie in Fig. 12 gezeigt ist, mittels der Spannungsabbauschichten 61 und 62 durch das Widerstandsschweißen auf den vorderen Endabschnitten 3a und 3b ein kugelförmiges Plättchen 70 verschweißt wird. Als Schweißbedingungen werden beispielsweise eine Preßkraft von 30 kg, ein Strom von 1200 A und eine Zyklenzahl von

10 verwendet. Wie in Fig. 12 gezeigt ist, ist nach dem Schweißen auf dem Plättchen an seiner Oberseite ein ebener Abschnitt ausgebildet, da die Preßkraft in der Zeichnung von oben aus aufgebracht wird.

Bezüglich des gekrümmten Übergangs des Plättchens und der Spannungsabbauschicht wird angenommen, daß die thermische Spannung gleichmäßig über die gesamte Fläche des Übergangs verteilt werden kann. Um zwischen der in Fig. 13 gezeigten ebenen Oberfläche und der erfindungsgemäßen gekrümmten Oberfläche den Unterschied in bezug auf den Ablösungsprozentsatz des Übergangs des Plättchens und der Spannungsabbauschicht zu ermitteln, wurde unter Verwendung des in Fig. 13 gezeigten Plättchens J1 und des in Fig. 11 gezeigten Plättchens 51 oder 52 ein experimenteller Versuch durchgeführt. Das Plättchen J1 (mit einer Dicke von 0,3 mm) und das Plättchen 51 oder 52 bestand jeweils aus der Ir-10Rh-Legierung, und die Spannungsabbauschichten J2 und 61 oder 62 bestanden jeweils aus der Pt-20Ir-2Ni-Legierung. Der Langzeitversuch erfolgte in einem 6-Zylinder-Motor mit 2000 cm³ Hubraum, der 100 Stunden lang unter Wiederholung eines Zyklus laufen gelassen wurde, bei dem der Motor für eine Minute (bei etwa 300°C) im Leerlauf und für eine Minute (bei etwa 900°C) mit 6000 U/min unter Vollgas gehalten wurde.

Nach dem Versuch wurden wie in Fig. 14A und Fig. 14B gezeigt die jeweiligen Ablösungsprozentsätze untersucht. Der Ablösungsprozentsatz ist das mit 100 multiplizierte Verhältnis (B_1+B_2/K_1) oder (C_1+C_2/K_2) der Ablösungslänge (B_1+B_2) oder (C_1+C_2) zu dem Plättchendurchmesser (K_1) oder (K_2) nach dem Schweißen. Der Zusammenhang zwischen dem Ablösungsprozentsatz (%) und dem Plättchendurchmesser vor dem Schweißen (mm) ist in Fig. 15 dargestellt, in der das scheibenförmige Plättchen J1 als Scheibenplättchen und das Plättchen 51 oder 52 gemäß diesem Ausführungsbeispiel als Kugelplättchen bezeichnet ist.

Wie in Fig. 15 gezeigt ist, besteht bezüglich des Ablösungsprozentsatzes ein deutlicher Unterschied zwischen dem ebenen Oberflächenübergang und dem gekrümmten Oberflächenübergang. Falls der Ablösungsprozentsatz weniger als 25% beträgt, ist die Bindungsstärke des Übergangs für den praktischen Gebrauch zufriedenstellend. Im Fall des Plättchens 51 oder 52 mit dem gekrümmten Oberflächenübergang ist der Wert des Ablösungsprozentsatzes deutlich kleiner als der des Plättchens J1 mit dem ebenen Oberflächenübergang. Mit anderen Worten dient der gekrümmte Oberflächenübergang des Plättchens und der Spannungsabbauschicht dazu, die Ablösung des Plättchens von der Spannungsabbauschicht zu begrenzen, um so die Bindungsstärke zu erhöhen. Die Ablösung des Übergangs läßt sich ferner ausreichend begrenzt, wenn im Fall des gekrümmten Oberflächenübergangs der Durchmesser des Plättchens vor dem Schweißen kleiner als 2,0 mm (vorzugsweise kleiner als 1,5 mm) ist.

Um eine wie in Fig. 11 gezeigte ebene Oberfläche zu bilden, wird die Kugel 70 des Plättchens 51 oder 52 durch die Preßkraft beim Widerstandsschweißen erfindungsgemäß zum Teil verformt, wodurch die Entladungspunktfäche vergrößert wird. Verglichen mit der Verformung im Fall des Kugelplättchens kann hingegen im Fall des Scheibenplättchens J1 die Vergrößerung der Entladungspunktfäche infolge der Verformung durch die Preßkraft nicht so groß sein. Wie groß die Entladungspunktfäche ausgebildet wird, geht aus Fig. 16 hervor.

Fig. 16 zeigt den Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Durchmesser (mm) des Scheibenplättchens J1 und des Kugelplättchens 51 oder 52 vor dem Schweißen und der Fläche (mm²) des Entladungspunkts des jeweiligen Plättchens (der der Entladungsstrecke zugewandten Fläche), wobei das

Material der Plättchen J1, 51 oder 52 das gleiche wie bei dem vorstehend angegebenen Langzeitversuch ist. Wie in Fig. 16 gezeigt ist, ist für den Fall, daß der Durchmesser der Kugel 70 weniger als 0,1 mm beträgt, die Entladungspunktfäche beinahe 0, weswegen dieser Aufbau nicht geeignet ist. Zur Sicherstellung der Abbrandbeständigkeit ist es vorzuziehen, daß der Durchmesser der Kugel 70 mehr als 0,1 mm beträgt.

Wie vorstehend erwähnt wurde, läßt sich ohne weiteres sagen, daß die auf die Übergangsfläche wirkende thermische Spannung umso stärker ist, je größer die Abmessung oder das Volumen des Plättchens ist. Dies geht aus Fig. 15 hervor, die zeigt, daß bei einer Vergrößerung des Plättchendurchmessers oder -volumens eine stärkere Ablösung des Übergangs des Plättchens und der Spannungsabbauschicht stattfindet.

Unter Bezugnahme auf Fig. 17A, Fig. 17B, Fig. 18A und Fig. 18B wird nun ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Fig. 17A oder Fig. 17B zeigt einen von der Seite der Mittelelektrode 3 aus gesehenen Aufbau auf der Seite der Massenelektrode 4, bei dem in Hinblick auf eine Begrenzung der thermischen Spannung unter Verwendung von Plättchen kleinerer Abmessung auf einer Spannungsabbauschicht 62 eine Vielzahl von Plättchen 53 oder 54 verschweißt sind. Fig. 18A oder Fig. 18B zeigt eine Querschnittsansicht entlang einer Linie XVIII-XVIII in Fig. 17A. Der Aufbau der Plättchen und der Spannungsabbauschicht auf der Seite der Mittelelektrode 3 kann zu dem vorstehenden Aufbau gleich sein. Das Material des Plättchens 53 oder 54 kann das gleiche wie bei den vorstehend angegebenen Ausführungsbeispielen sein. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kann die Wirkung der thermischen Spannung vermindert und die Ablösung des Plättchens und der Spannungsabbauschicht begrenzt werden, was zu einer Verbesserung der Bindungsstärke führt, da eine Vielzahl von verhältnismäßig kleinen Plättchen eingesetzt wird. Darüber hinaus kann die Spannungsabbauschicht wegen der geringeren thermischen Spannung eine einzige Schicht sein, weswegen Materialkosten gespart werden können.

Jeder Übergang der Vielzahl von Plättchen und der Spannungsabbauschicht kann wie in Fig. 18A gezeigt als eine gekrümmte Oberfläche oder wie in Fig. 18B gezeigt als eine ebene Oberfläche geformt sein. Der Aufbau der Plättchen 54 und der Spannungsabbauschicht 62 oder der Aufbau der Plättchen 53 oder 54 und der Spannungsabbauschicht 61 auf der Seite der Mittelelektrode 3 ist der gleiche wie der Aufbau der Plättchen 53 und der Spannungsabbauschicht 62, wie er in Fig. 18A oder Fig. 18B gezeigt ist. Im Fall des gekrümmten Oberflächenübergangs wird eine Vielzahl von Kugeln als Plättchenmaterial verwendet, und im Fall des ebenen Oberflächenübergangs werden eine Vielzahl von Scheiben als Plättchenmaterial verwendet. Diese Kugeln oder Scheiben werden auf dieselbe Weise wie bei dem ersten und zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel durch Widerstandsschweißen verschweißt. Des weiteren kann im Fall des gekrümmten Oberflächenübergangs der Aufbau jedes Plättchens 53 oder 54 der gleiche wie der des Plättchens 51 oder 52 sein, wie er bei dem zweiten Ausführungsbeispiel erörtert wurde, wobei zusätzlich zu dem Vorteil der Vielzahl von Plättchen die gleiche Funktionsweise und Wirkung wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel zu erwarten ist, so daß die Bindungsstärke weiter erhöht wird.

Im Fall des ebenen Oberflächenübergangs beträgt der Durchmesser der Scheibenplättchen 53 oder 54 vor dem Schweißen jeweils vorzugsweise weniger als 1,5 mm. Falls der Durchmesser des Plättchens weniger als 1,5 mm beträgt, kann der Ablösungsprozentsatz wie in Fig. 15 gezeigt auf weni-

ger als 25% gehalten werden, was in der Praxis tolerierbar ist. Wie aus Fig. 15 hervorgeht, ist es besser, wenn der Durchmesser des Plättchens vor dem Schweißen weniger als 1,0 mm beträgt. Wie jedoch in Fig. 16 gezeigt ist, sollte er mehr als 0,1 mm betragen, um eine Entladungspunktfläche zu gewährleisten. Es ist selbstverständlich, daß die jeweiligen Plättchen auf der Seite der Masseelektrode 4 und die jeweiligen Plättchen auf der Seite der Mittelelektrode 3 einander zugewandt sind, um dazwischen jeweils ein Entladungsstrecke zu bilden. Da eine Vielzahl von Plättchen bereitgestellt ist, kann die Abbrandbeständigkeit deutlich erhöht werden.

Gemäß den vorstehenden Ausführungsbeispielen kann durch das Widerstandsschweißen zu geringeren Kosten als beim Laserstrahlschweißen eine zuverlässige Verbindung verwirklicht werden. Infolgedessen kann eine hochqualitative und kostengünstigere Zündkerze mit einer Ir-Legierung zur Verfügung gestellt werden, wobei darüber hinaus für die Zündkerze eine längere Lebensdauer zu erwarten ist, da der Austauschzeitraum der Zündkerze wegen der erhöhten Bindungsstärke um ein erhebliches Maß verlängert werden kann. Die genannte Zündkerze ist insbesondere in einer Umgebung mit einer starken Hitzebelastung anwendbar.

Auch wenn die Beschreibung der vorstehenden Ausführungsbeispiele hinsichtlich eines jeweils gleichen Aufbaus der Plättchen und der Spannungsabbauschicht auf der Seite der Mittel- und der Masseelektrode erfolgte, ist dies selbstverständlich so zu verstehen, daß zumindest eine Seite der Mittel- und der Masseelektrode gemäß einem dieser Ausführungsbeispiele gestaltet ist.

Erfindungsgemäß sind bei einer Zündkerze also auf den jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitten der Mittel- und der Masseelektrode, die aus einer Legierung auf Ni-Basis hergestellt sind, durch Widerstandsschweißen mittels einer Spannungsabbauschicht ein Plättchen oder eine Vielzahl von Plättchen aus einer Ir-Legierung verschweißt. Bei einer Temperatur von 900°C ist der Wert des Elastizitätsmoduls der Spannungsabbauschicht kleiner als der der Ir-Legierung und der der Legierung auf Ni-Basis und liegt außerdem der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten der Spannungsabbauschicht zwischen dem der Ir-Legierung und dem der Legierung auf Ni-Basis. Der Verbindungsübergang des Plättchens und der Spannungsabbauschicht ist vorzugsweise als eine gekrümmte Oberfläche geformt.

Patentansprüche

1. Zündkerze, mit einer Mittelelektrode (3), die einen Plättchenbefestigungsabschnitt (3a) aufweist; einem Gehäuse (1), das die Mittelelektrode hält, aber ihr gegenüber isoliert ist; einer Masseelektrode (4), die an dem Gehäuse angebracht ist und einen Plättchenbefestigungsabschnitt (4a) aufweist, der dem Plättchenbefestigungsabschnitt der Mittelelektrode mit einer Entladungsstrecke dazwischen zugewandt ist; einem Plättchen (51, 52), das aus einer Iridium-(Ir)-Legierung hergestellt und an zumindest einem der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode befestigt ist; und einer Spannungsabbauschicht (61, 62), die zwischen dem Plättchen und dem einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode angeordnet ist, wobei das Material des einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode eine Legierung auf Nickel-(Ni)-Basis ist, dadurch gekennzeichnet, daß

der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten der Spannungsabbauschicht zwischen dem der Ir-Legierung und dem der Legierung auf Ni-Basis liegt und außerdem der Wert des Elastizitätsmoduls der Spannungsabbauschicht kleiner als der der Ir-Legierung und der der Legierung auf Ni-Basis ist.

2. Zündkerze nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Plättchen aus einem Material hergestellt ist, das mehr als 50 Gew.-% Ir enthält.

3. Zündkerze nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Plättchen aus einem Material hergestellt ist, das mehr als 50 Gew.-% Ir und zumindest einen der Stoffe Rh, Pt, Ru, Pd und W enthält.

4. Zündkerze nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastizitätsmodul des Materials der Spannungsabbauschicht bei einer Temperatur von 900°C weniger als 15×10^4 MPa beträgt.

5. Zündkerze nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastizitätsmodul des Materials der Spannungsabbauschicht bei einer Temperatur von 900°C mehr als 5×10^4 MPa beträgt.

6. Zündkerze nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der lineare Ausdehnungskoeffizient der Spannungsabbauschicht zwischen $10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ und $11 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ liegt.

7. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Spannungsabbauschicht eine Legierung ist, die Pt enthält.

8. Zündkerze nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Spannungsabbauschicht ein Pt-Ir-Ni-Legierung ist.

9. Zündkerze nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Pt-Ir-Ni-Legierung aus 65 bis 89 Gew.-% Pt, 10 bis 30 Gew.-% Ir und 1 bis 5 Gew.-% Ni zusammensetzt.

10. Zündkerze nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Spannungsabbauschicht mehr als 0,2 mm beträgt.

11. Zündkerze nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Spannungsabbauschicht weniger als 0,6 mm beträgt.

12. Zündkerze nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Spannungsabbauschicht aus einer auf der Seite des Plättchens angeordneten ersten Spannungsabbauschicht (61a, 62a) und einer zwischen der ersten Spannungsabbauschicht und dem einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode angeordneten zweiten Spannungsabbauschicht (61b, 62b) zusammensetzt, wobei der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten der zweiten Spannungsabbauschicht zwischen dem der ersten Spannungsabbauschicht und dem der Legierung auf Ni-Basis liegt.

13. Zündkerze nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der ersten Spannungsabbauschicht eine Pt-Ir-Legierung und das Material der zweiten Spannungsabbauschicht eine Pt-Ni-Legierung ist.

14. Zündkerze, mit einer Mittelelektrode (3), die einen Plättchenbefestigungsabschnitt (3a) aufweist; einem Gehäuse (1), das die Mittelelektrode hält, aber ihr gegenüber isoliert ist; einer Masseelektrode (4), die an dem Gehäuse angebracht ist und einen Plättchenbefestigungsabschnitt (4a) aufweist, der dem Plättchenbefestigungsabschnitt der Mittelelektrode mit einer Entladungsstrecke dazwischen zugewandt ist; einem Plättchen (51, 52, 53, 54), das aus einer Iridium-

(Ir-)Legierung, die mehr als 50 Gew.-% Ir enthält, hergestellt ist und an zumindest einem der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode befestigt ist; und einer Spannungsabbauschicht (61, 62), die zwischen dem Plättchen und dem einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode durch Widerstandsschweißen verschweißt ist, wobei das Material des einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode eine Legierung auf Nickel-(Ni-)Basis ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert des linearen Ausdehnungskoeffizienten der Spannungsabbauschicht zwischen dem der Ir-Legierung und dem der Legierung auf Ni-Basis liegt und der Verbindungsübergang des Plättchens und der Spannungsabbauschicht als gekrümmte Oberfläche geformt ist.

15. Zündkerze, mit einer Mittelelektrode (3), die einen Plättchenbefestigungsabschnitt (3a) aufweist; einem Gehäuse (1), das die Mittelelektrode hält, aber ihr gegenüber isoliert ist; einer Masseelektrode (4), die an dem Gehäuse angebracht ist und einen Plättchenbefestigungsabschnitt (4a) aufweist, der dem Plättchenbefestigungsabschnitt der Mittelelektrode mit einer Entladungsstrecke dazwischen zugewandt ist; einem Plättchenbauteil (53, 54), das aus einer Iridium-(Ir-)Legierung, die mehr als 50 Gew.-% Ir enthält, hergestellt ist und an zumindest einem der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode befestigt ist; und einer Spannungsabbauschicht (61, 62), die zwischen dem Plättchen und dem einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode durch Widerstandsschweißen verschweißt ist, wobei das Material des einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Masse- und der Mittelelektrode eine Legierung auf Nickel-(Ni-)Basis ist, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Plättchenbauteil aus einer Vielzahl von Plättchen (53, 54) zusammensetzt, die jeweils auf der Spannungsabbauschicht verschweißt sind.

16. Zündkerze nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsübergänge der Vielzahl von Plättchen und der Spannungsabbauschicht jeweils als gekrümmte Oberfläche geformt sind.

17. Zündkerze nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Vielzahl von Plättchen als Scheibe geformt ist, deren Durchmesser vor dem Widerstandsschweißen weniger als 1,5 mm beträgt, und eine kreisförmige Oberfläche auf einer Seite jedes Plättchens jeweils einen Verbindungsübergang der Plättchen und der Spannungsabbauschicht bildet.

18. Zündkerze nach Anspruch 14, 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Plättchens weniger als 2,0 mm beträgt.

19. Zündkerze nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Plättchens mehr als 0,1 mm beträgt.

20. Zündkerze nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Material des Plättchens zumindest einen der Stoffe Rh, Pt, Ru, Pd und W enthält.

21. Zündkerze nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Elastizitätsmodul der Spannungsabbauschicht kleiner als der des Plättchens

und der des einen der Plättchenbefestigungsabschnitte der Mittel- und der Masseelektrode ist.

22. Verfahren zur Herstellung der Zündkerze gemäß Anspruch 14 oder 16, mit den Schritten:

Anfertigen einer Kugel für das Plättchen, die aus einer mehr als 50 Gew.-% Ir enthaltenden Legierung hergestellt ist; und

Verschweißen der Kugel mittels der Spannungsabbauschicht auf dem einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Mittel- und der Masseelektrode durch Widerstandsschweißen.

23. Verfahren zur Herstellung der Zündkerze gemäß Anspruch 14 oder 16, mit den Schritten:

Verschweißen der Spannungsabbauschicht auf dem einen der jeweiligen Plättchenbefestigungsabschnitte der Mittel- und der Masseelektrode durch Widerstandsschweißen; und

Verschweißen einer Kugel für das Plättchen, die aus einer mehr als 50 Gew.-% Ir enthaltenden Legierung hergestellt ist, auf der Spannungsabbauschicht durch Widerstandsschweißen.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

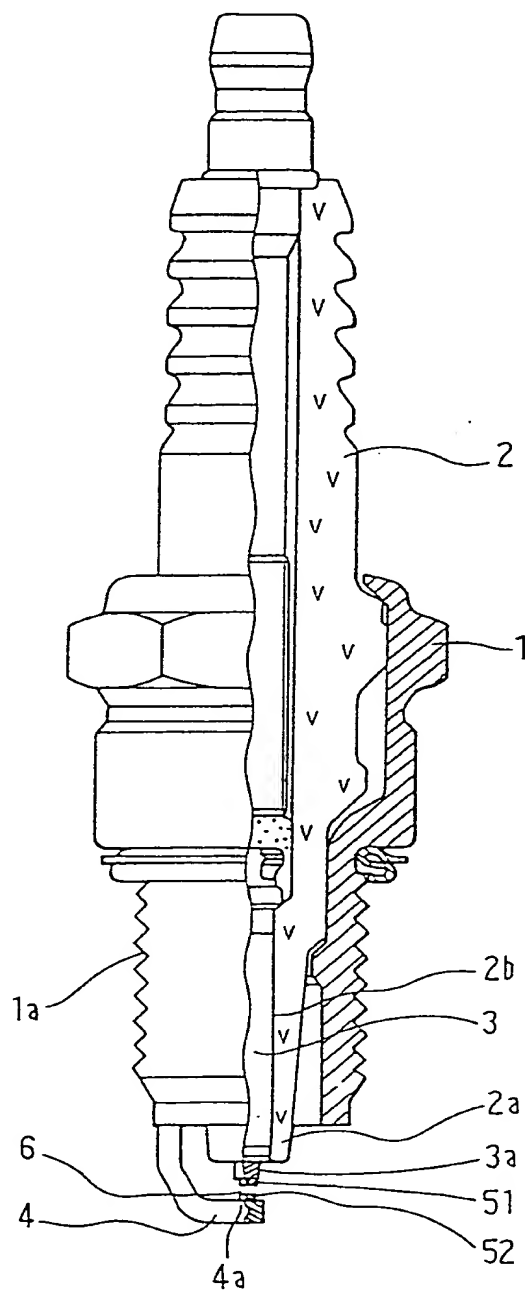


FIG. 2

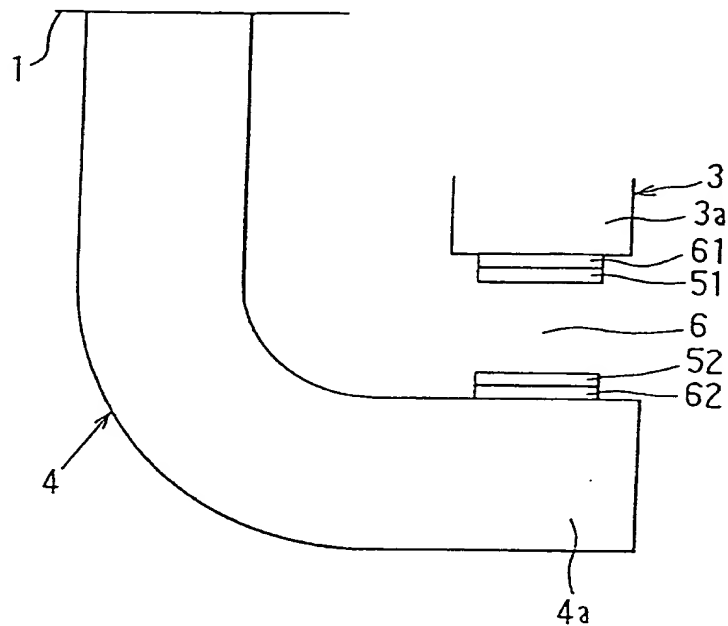


FIG. 3

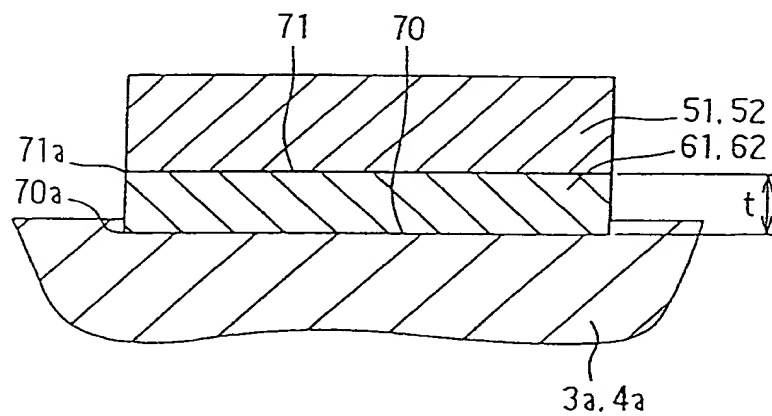
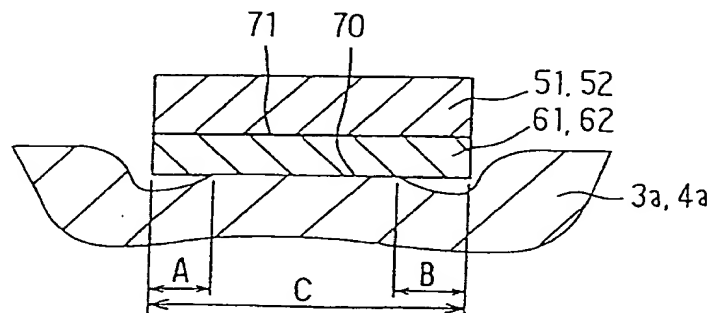


FIG. 4



$$\text{ABLÖSUNGSPROZENTSATZ} = \frac{A+B}{C} \times 100(\%)$$

FIG. 5A

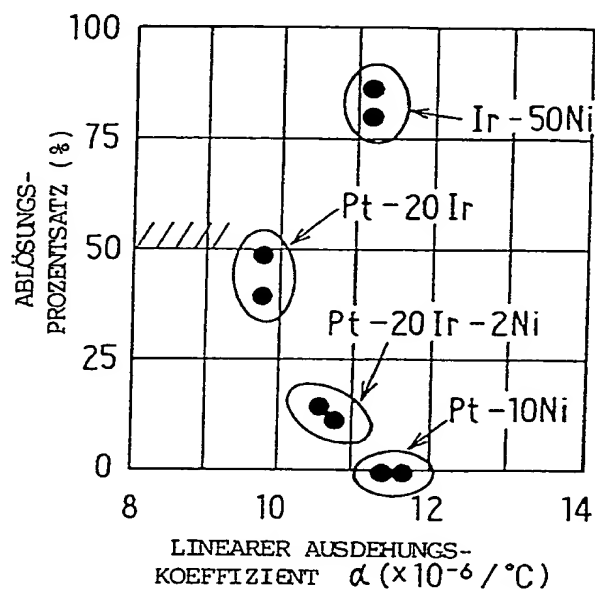


FIG. 5B

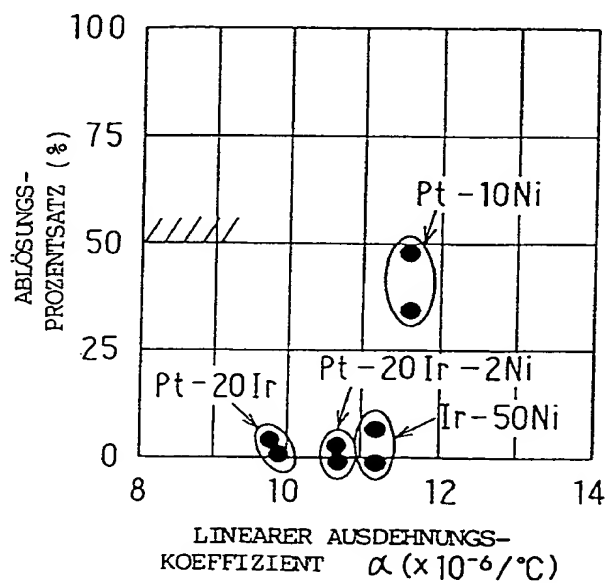


FIG. 6

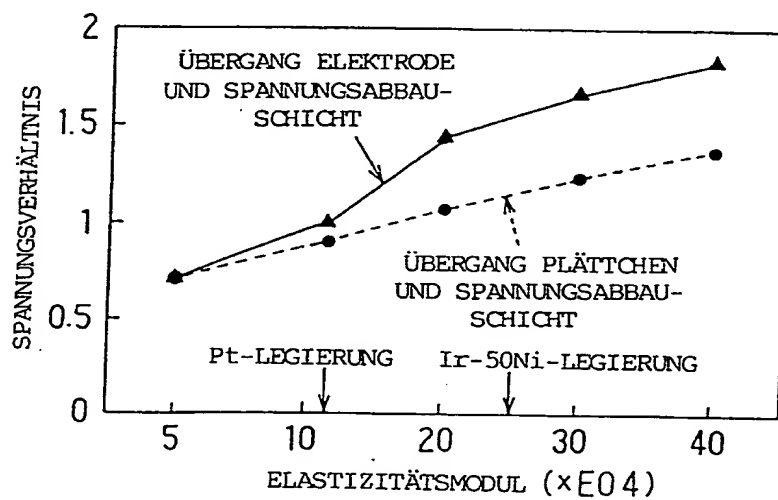


FIG. 7

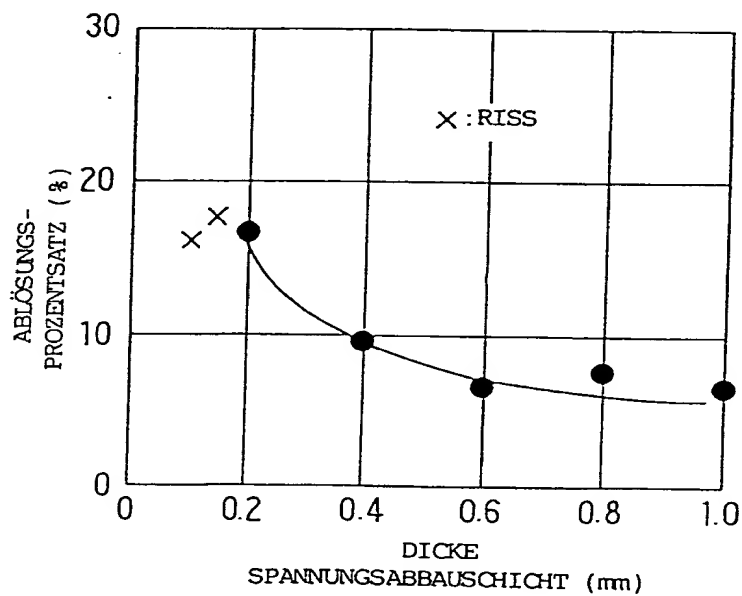


FIG. 8

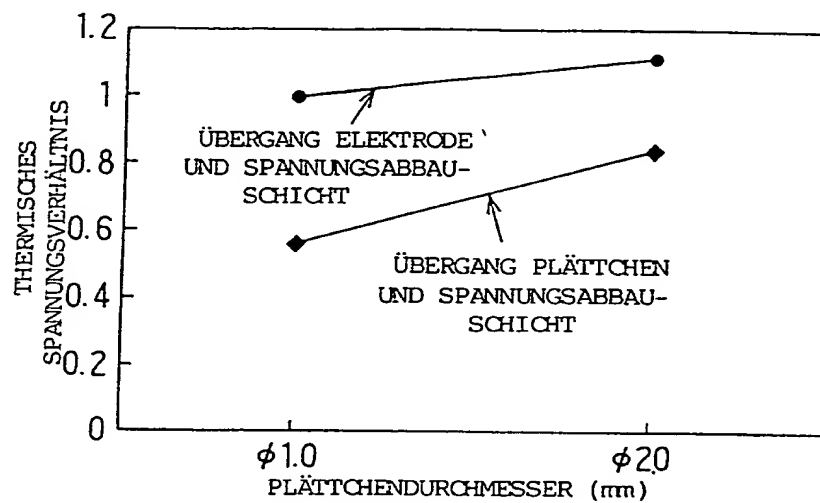


FIG. 9

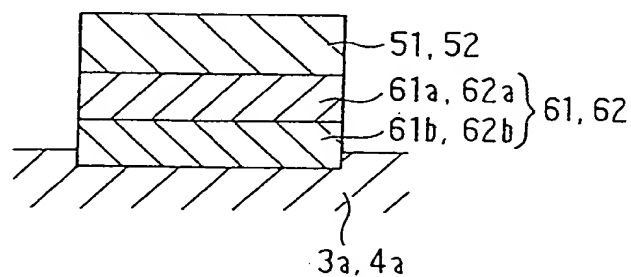


FIG. 10

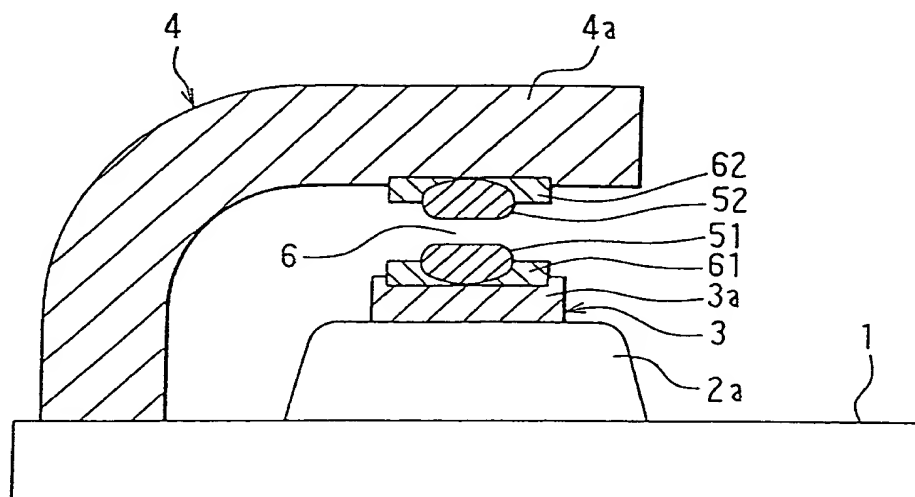


FIG. 11

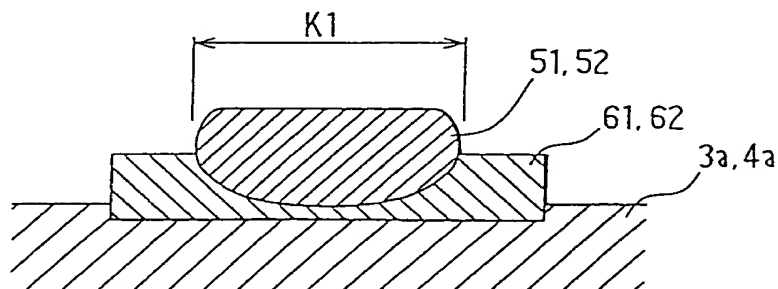


FIG. 12

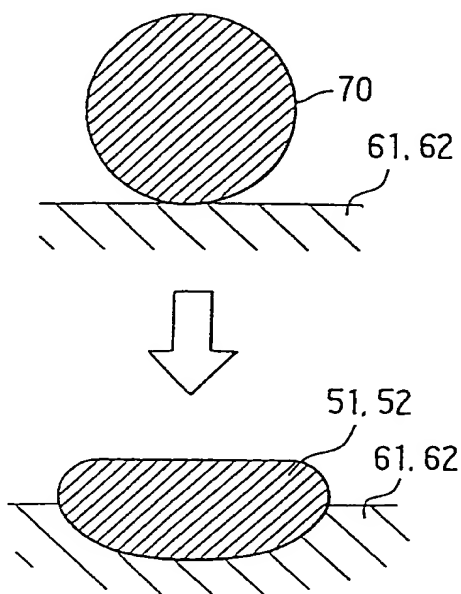


FIG. 13

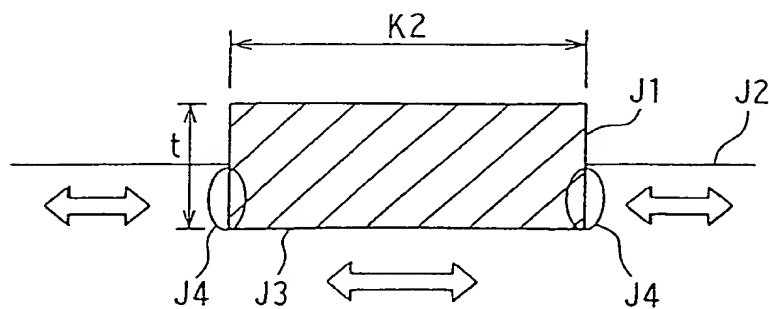


FIG. 14A

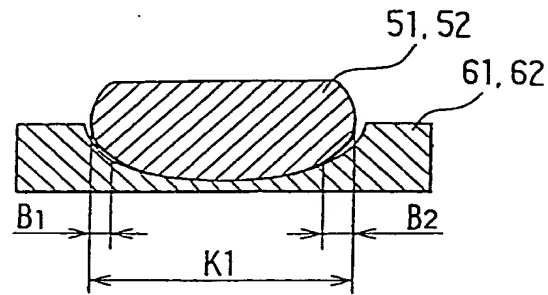


FIG. 14B

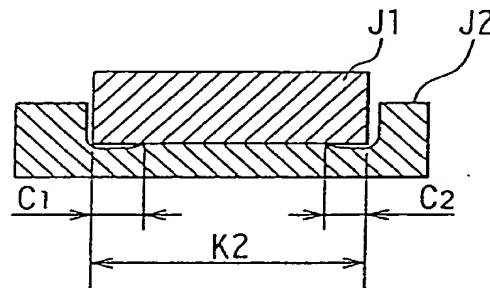


FIG. 15

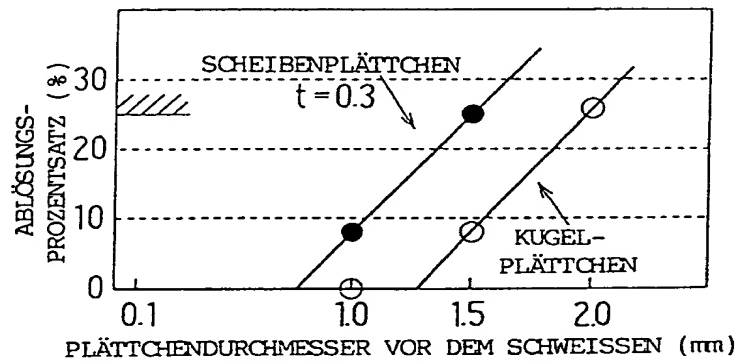


FIG. 16

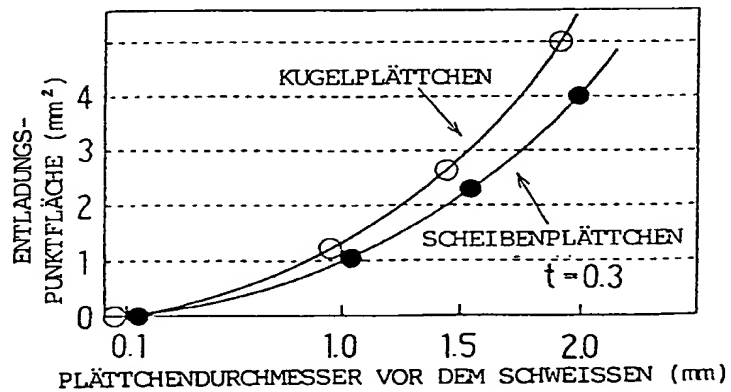


FIG. 17A

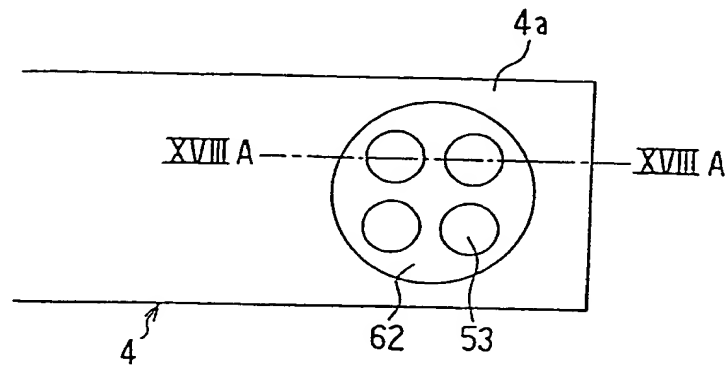


FIG. 17B

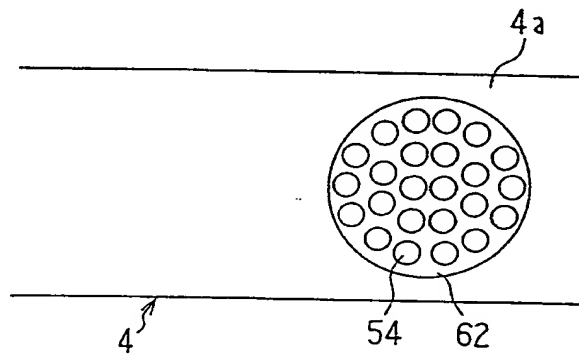


FIG. 18A

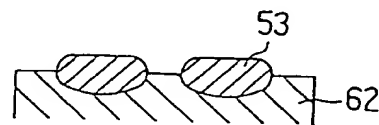


FIG. 18B

